تصنيع ألواح ليفية متوسطة الكثافة (MDF) من أوراق نخيل التمر والنخيل المروحي ودراسة مواصفاتها الميكانيكية.

عبد الله القدور*، ميساء كعكة، غسان عبد الله***، خير الدين طرشة******

* طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة،

** قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب

*** قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة حلب

**** كلية هندسة الميكانيك، جامعة حلب

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تصنيع ألواح خشب ليفي متوسط الكثافة MDF من أوراق نخيل التمر والنخيل المروحي الناتجة عن التقليم بوصفها مخلفاً زراعياً، واختبار مواصفاتها الميكانيكية التي تسهم في تحديد قابليتها للاستخدام وإعادة تدوير المخلفات والاستفادة منها صناعياً بدلاً من اتلافها. وأظهرت نتائج الاختبارات الميكانيكية للألواح المصنعة من كلا نوعي النخيل بأنها تصنف ضمن الألواح الخشبية ضعيفة المقاومة للضغط المحوري مع وجود تفاوت ضمن الألواح، حيث كانت الألواح المصنعة من الجريد والكربة لنوعي النخيل أعلى مقاومة وأقرب للألواح المتوسطة المقاومة للضغط المحوري، من تلك الألواح المصنعة من الخوص. في حين امتازت نتائج اختبار الانحناء الساكن للألواح المصنعة من الجريد والكربة والورقة الكاملة لنوعي النخيل بأنها تصنف ضمن ألواح (MDF/4) والتي تستخدم كحمولة ثقيلة للاستخدام في الظروف الرطبة، ويمكن أن تستخدم في ظروف الحمولة الجافة (MDF/3).

كذلك بلغ المتوسط العام لعامل المرونة لألواح نخيل التمر (30695.6 كغ/سم^2) في حين بلغ في النخيل المروحي (28086.9 كغ/سم^2) وهذه النتيجة تقع ضمن التصنيف الأوروبي لألواح (MDF/2) المستخدمة للحمولة ضمن الظروف الجافة، مع وجود تفاوت في قيم عامل المرونة ضمن الألواح المصنعة من أجزاء السعفة، حيث كان أعلاها قيمة في الألواح المصنعة من الجريد والكربة والورقة الكاملة وأدناها في الألواح المصنعة من الخوص.

الكلمات المفتاحية: نخيل التمر، النخيل المروحي، خشب ليفي متوسط الكثافة MDF، مواصفات فيزيائية

Manufacture of medium density MDF fiberboards from date palm and fan palm leaves and studying their mechanical specifications

Abstract

This study aimed to manufacture MDF panels from date palm leaves and fan palm trees resulting from pruning as agricultural residue, and to test their mechanical characteristics that contribute to determining their usability and recycling the waste and benefiting from it industrially instead of destroying it.

The results of mechanical tests of the panels manufactured from both types of palms showed that they are classified within the wooden panels that are weakly resistant to axial pressure, with a variation within the panels, as the planks made of jaried (leaf blade)and frond base of the two types of palms were more resistant and closer to medium panels resistant to axial pressure, than those made of khous panels.Whereas, the results of the static bending test of the planks made of jaried, frond base and whole sheets of the two palm species were classified under (4 / MDF) panels, which are used as a heavy load for use in wet conditions, and can be used in dry load conditions (3 / MDF).

The general average of the elasticity factor for date palm panels was (30695.6 kg / cm2), while it was (28086.9 kg / cm2) in the fan palm. This result falls within the European classification for (2 / MDF) panels used for cargo under dry conditions, with a variation in the values of The factor of elasticity was among the panels made of frond parts, as it was the highest value in the panels made of jaried, frond base and whole sheets, and the lowest in the panels made of khous.

Key words: Date Palm, Fan Palm, Medium-Density Fibrous Wood, mechanical characteristics

1- المقدمة:

إن نقص حجم الموارد وزيادة عدد السكان والطلب المتزايد على الأخشاب خلق حاجة ضرورية لتطوير المنتجات التي تعمل كبدائل للخشب الصلب المنشور (Wood Lumber)، إضافة إلى تدهور المساحة الحراجية والتدهور في نوعية أخشاب الغابات أدى إلى تغيرات في طريقة إنتاج الأخشاب بسبب انخفاض أقطار الأشجار المتوفرة للتطبيقات الصناعية.

ومن هنا فقد بحث المختصون إمكانية إنتاج الألواح الخشبية المصنعة (Wood composite) كبديل عن الخشب المنشور مما يتوفر من تقليم الأشجار والمخلفات الزراعية بمواصفات كان يتعذر الحصول عليها من خشب الغابات [1]. وقد تطور استخدام هذا النوع من الخشب المصنع بسرعة خلال العقدين الماضيين ويتوقع أن يستمر في التزايد حيث يعتبر أحد أهم البدائل المستخدمة في الصناعات الخشبية.

وتعود الاستخدامات الصناعية الحديثة للمخلفات الزراعية إلى بدايات القرن التاسع عشر حيث تم صناعة الورق من قش القمح لأول مرة عام 1827، وتم تصنيع الألواح من القش في ألمانيا عام 1905 [2]، وفي الولايات المتحدة الأمريكية تم بناء أول مصنع لإنتاج الألواح من القصب في لويزيانا عام 1920، وفيما يتعلق بمنطقة الشرق الأوسط اعتمدت كافة مصانع ألواح الخشب الحبيبي والألواح الليفية التي أنشأت في مصر خلال الفترة من 1960 إلى 1977 على المخلفات الزراعية كمصدر للمادة الخام [3].

ولقد مكنت التطورات الأخيرة والتكنولوجيا الحديثة من استخدام مخلفات تقليم النخيل في صناعة الألواح الخشبية، وهي واحدة من أكثر المصادر الطبيعية للألياف وفرة حيث يمكن استخدام المنتجات الثانوية للنخيل، مثل الجذع والجريد (العرق الوسطي للورقة) والخوص والكربة والليف وبقايا العراجين، وتجهيزها بشكل مناسب للصناعة.

وتعد الألواح الليفية متوسطة الكثافة (MDF) متعددة الاستخدام، والمنتج الأكثر شيوعاً وطلباً في الأسواق بين جميع أنواع ألواح الخشب المركب لاستخدامها في تصنيع الأثاث (الموبيليا) والديكور الداخلي والعزل الخارجي للأبنية وفي المطابخ وغيرها [4].

يتم تصنيع ألواح الخشب الليفي متوسط الكثافة بجمع بقايا الخشب المفروم ومزجها بالمواد اللاصقة الصناعية وكبسها بواسطة مكابس ميكانيكية تحت تأثير الضغط والحرارة حسب المعيار الصناعي الأوربي (EN300) الذي يعرفها بأنها ألواح من الألياف الليغنوسيللوزية التي تتراوح كثافتها بين 450- 800 كغ/م^3، والتي تنتج بسماكة بدءاً من 1.5 سم [5].

التوصيف النباتي لأشجار النخيل المدروسة:

يعد كل من نخيل التمر *Phoenix dactylifera*.L والنخيل المروحي *Washingtonia filifera*.H من الأشجار مستديمة الخضرة المنتمية إلى العائلة النخيلية *Arecaceae* وهي من ذوات الفلقة الواحدة. ويجمع المؤرخون على أن الموطن الأصلي لشجرة نخيل التمر هي منطقة الخليج العربي ومنه انتشرت إلى مناطق أخرى في العالم [16]، حيث تعد من أهم أشجار الفاكهة المثمرة في المناطق الصحراوية والمناطق الحارة الجافة، أما النخيل المروحي فيزرع في الحدائق وأطراف الطرقات لأغراض تزيينية حيث يتميز بأوراقه الكبيرة ذات اللون الزاهي، ولا تتوقف الفائدة من أشجار النخيل على النواحي الغذائية والتزيينية بل تستخدم منتجاته الثانوية كالجذوع أعمدة للأسقف وأحواض لزراعة نباتات الزينة وخلايا النحل (القفير)، والجريد للأسقف والسور والأقفاص والأسرة والمكاتب، والكرناف كوقود، والخوص والنوى في علائق الحيوان، الخوص لصناعة السلال والحصر والمظلات، الليف لصناعة الحبال والشباك [16].

وتختلف طريقة تقليم أشجار النخيل باختلاف المنطقة الزراعية، وعادة ما تتم إزالة الأوراق الجافة وبعض الأوراق الخضراء، والمعتاد إزالة ما بين 8 – 15 سعفة خلال عملية التقليم السنوية [17]. وتحتوي مخلفات النخيل كالسعف والكرب والليف والعراجين والنوى والألياف على نسبة عالية من المواد السيليلوزية التي يمكن الاستفادة منها في صناعات عديدة، ومع ذلك يتم التخلص من الجزء الأكبر من هذه المواد كنفايات. إن الاستخدام الفعال لهذا المورد الطبيعي سيكون له تأثير إيجابي على البيئة وقد يساعد في الحفاظ عليها، لذلك من الناحية الاقتصادية والبيئية فإن الاستفادة من ألياف مخلفات النخيل هو مشروع واعد [6]. وقد تم في أحد الدراسات تقدير حجم مخلفات شجرة النخيل حوالي 37 كيلو غرام سنوياً [18]، بينما لاحظ [7] أن كل شجرة تنتج 34 كغ من المخلفات سنوياً منها 52٪ أوراق وعلاوة على ذلك يمكن القول بقوة أنه لا يقل عن 10 كغ يتم إنتاج المخلفات بواسطة كل شجرة سنويًا (الجدول، 1). هذه الكمية الهائلة من مخلفات نواتج التقليم تعتبر مصدراً من مصادر المادة الخام لإنتاج الألياف والتي يمكن استعمالها في صناعة الخشب المضغوط Fiber board والعديد من الصناعات الأخرى.

الجدول (1) تقدير نواتج تقليم شجرة النخيل سنوياً حسب [10]

الأجزاء	الورقة	الكربة	الجريد	الغمد الليفي	المجموع
بقايا الشجرة (%)	52.94	17.56	20.59	8.82	100
الكمية (Kg)	18	6	7	3	34

وبشكل عام توجد العديد من الأبحاث حول إمكانية تصنيع ألواح خشبية من مخلفات النخيل، فقد ذكر [8] أن التحليل الكيميائي الذي أجري على سعف النخيل دل على صلاحيته لإنتاج ألواح خشبية، كما دلت النتائج المتعلقة بالقوى الميكانيكية على صلاحيته لإنتاج خشب حبيبي بنائي (Particle board). وقد قام [9] بدراسة في المملكة العربية السعودية حول إمكانية إنتاج ألواح خشب حبيبي عالية الجودة من العرق الوسطي لأوراق نخيل التمر وأظهرت الدراسة إمكانية استخدام سعف النخيل في تصنيع ألواح الخشب المضغوط واستنتج أن زيادة كثافة اللوح من شأنه أن يزيد من الخواص الميكانيكية للوح. كما أظهرت نتائج [19] حول صناعة ألواح الخشب المضغوط من مخلفات أشجار النخيل المحلية وفق عوامل مختلفة صفات ممتازة لتماسك الحبيبات بتأثير الحرارة والضغط والتركيز ووقت البلمرة على الالتصاق والخواص الميكانيكية. وفي دراسة لـ [20] عن تصنيع جريد النخيل كبديل للمنتجات الخشبية المستوردة حيث قدم هذا المشروع مقارنة للخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المنتجات مع مثيلاتها المستوردة من الخارج والمصنعة من الأخشاب، وقد أوضحت التجارب المعملية أن منتجات جريد النخيل تقارب مثيلاتها من المنتجات الخشبية من حيث الخواص الميكانيكية (قوى التحمل والانحناء والصلابة) وتتفوق على مثيلاتها من حيث المظهر الخارجي ومقاومة الحريق. كما أظهرت نتائج دراسة قام بها [10] أن الألواح المصنوعة من ألياف تقليم نخيل التمر تتميز بخصائص ميكانيكية أفضل من متطلبات خاصية MDF التي أوصت بها معايير ASTM و EN. وهناك العديد من الأبحاث التي درست حول إمكانية استخدام ألياف نخيل التمر *Phoenix dactylifera*. L في تصنيع ألواح بالمعالجة الحرارية والألواح البلاستيكية.

وقد تم في هذا البحث استخدام أجزاء بقايا أوراق نخيل التمر والنخيل المروحي (خوص، جريد، كربة، ورقة كاملة) في صناعة ألواح ليفية متوسطة الكثافة والقيام باختبارات

ميكانيكية على هذه الألواح لاختبار جودتها ومقارنتها مع الخشب المتوسط الكثافة حسب المواصفات الأوروبية.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في تحويل مخلفات وبقايا عمليات التقليم الناتجة عن أشجار النخيل بنوعيه (نخيل التمر، النخيل المروحي) من مواد مهملة إلى مواد ذات أهمية اقتصادية تدخل في عمليات التصنيع الخشبي بهدف:

- تصنيع ألواح ليفية متوسطة الكثافة MDF من أوراق كل من نخيل التمر والنخيل المروحي.
- دراسة الخصائص الميكانيكية للألواح المصنعة من كلا النوعين.

3- طرق البحث ومواده:

تم اختبار المواصفات الميكانيكية للألواح المصنعة في مخبر البلاستيك في كلية الميكانيك في جامعة حلب وفقاً للمعايير الصناعية الأوروبية.

3-1-المادة النباتية:

استخدم في هذا البحث الأوراق (السعف) فقط والتي تم الحصول على مخلفات نباتية لتقليم أشجار نخيل التمر وكذلك النخيل المروحي المزروع في الحدائق والطرقات عن طريق مديرية الحدائق التي تعمل على تقليم النخيل سنوياً والتي تم تنظيفها والتأكد من جفافها هوائياً ثم طحنها والحصول على الألياف الناتجة عنها لكل منها على حدة.

3-2-مواد البحث:

أستخدم في هذه البحث آلة لطحن العينات النباتية لتسهيل استخلاص الألياف منها، وكذلك مجفف حراري ومكبس حراري ضغط 200 بار، وجهاز لرش المادة اللاصقة (اليوريا فورم ألدهيد)، وخلاط للغراء، وجهاز Testometric للقيام بالاختبارات الميكانيكية.

3-3-طرائق البحث:

3-3-1- تصنيع ألواح الخشب متوسط الكثافة MDF من سعفات النخيل:

- تم ذلك وفقاً للمواصفات المطبقة في المصانع الأوربية [11]، حيث تم تجفيف 5 كغ من الألياف الناتجة بالطحن في مجففة هواء ساخن على درجة حرارة 40°م لمدة 24 ساعة حتى نصل لنسبة رطوبة 9 %. ثم حضر الغراء بإذابة اليوريا فورم ألدهيد (مادة لاصقة حرارية) والتي تكون على شكل بودرة في الماء واضافة 5 -8 % من المادة اللاصقة، وخلط الغراء مع الألياف في خلاط مجهز بمسدس بخ تم ملء وعائه بمزيج الغراء المحضّر، وقدرت رطوبة الألياف المغراة باستخدام المجفف الهوائي حتى وصلت إلى 9%.
- تم فرش 2.3 كغ من الألياف المغراة داخل إطار خشبي بأبعاد 40 × 40 سم وعمق 10 سم موضوعاً على صينية معدنية بأبعاد 42 × 42 سم، ثم تم وضع غطاء خشبي بأبعاد 39.75 × 39.75 سم فوق الألياف المغراة وتم الضغط عليه (ضغط بارد) وذلك لإزالة الفراغات الهوائية، ثم سحب الإطار الخشبي فحصلنا على فرشة من الألياف الخشبية موضوعة فوق صينية معدنية.

- تلى ذلك وضع صينية معدنية أخرى من الأعلى بأبعاد 42 × 42 سم لتصبح بذلك الألياف المغراة محصورة بين الصينيتين المعدنيتين، ثم وضعت المجموعة بين بلاطتي المكبس الحراري وتم كبسها تحت ضغط صناعي 90 كغ/سم^2 وعلى درجة حرارة 170 درجة مئوية لمدة سبع دقائق وذلك بعد وضع قضبان معدنية بسماكة 2 سم لتحديد السماكة المطلوبة. ثم تم تبريد اللوح المصنع وحددت حوافه بمنشار شريطي لتصبح أبعاده 30×30×2 سم ويصبح جاهزاً للاختبارات الميكانيكية كما في (الشكل،1).

الشكل (1) الألواح المصنعة من أوراق نخيل التمر والنخيل المروحي

3-3-2- الاختبارات الميكانيكية للألواح المصنعة:

تم اختبار المواصفات الميكانيكية للألواح المصنعة في مخبر البلاستيك في كلية الهندسة الميكانيكية في جامعة حلب وفقاً للمعايير الصناعية الأوروبية:

أ. اختبار مقاومة الألواح للضغط المحوري حسب المعيار الأوروبي EN:

وهي مقاومة الخشب للقوة المطبقة باتجاه الألياف وحتى انكسار الخشب، يستخدم لاختبار هذه المقاومة عينات بطول (6 سم) باتجاه الألياف ومقطع 2×2 سم، وتعتمد طريقة القياس على وضع العينة القياسية بين صفيحتين، ويطبق الضغط باقتراب الصفيحة من الأخرى بسرعة 200 – 300 كغ/ سم^2/ د وحتى انكسار العينة وتراجع الضغط [12] وتحسب مقاومة الضغط المحوري من المعادلة:

$$C_h = \frac{P_c}{S}$$

حيث إن: C_h: مقاومة الضغط المحوري كغ/سم^2.

P_c: قوة الانكسار العظمى المسجلة كغ. S: مساحة مقطع العينة سم^2

ب.اختبار مقاومة الألواح للانحناء أو الانعطاف الساكن (MOR):

وهي مقاومة الخشب للقوة المطبقة تدريجياً باتجاه عمودي على اتجاه الألياف، بحيث تطبق القوة في منتصف العينة الخشبية وحتى انكسارها (سرعة تزايد الحمولة المطبقة 10 – 20 نيوتن/مم/د) وتحسب مقاومة الخشب للانحناء الساكن بواحدة نيوتن/مم^2.

يستخدم لهذا الاختبار عينات قياسية بطول أكبر قليلاً من (28 سم) باتجاه الألياف وذات مقطع مربع 2×2 سم. يجري الاختبار بوضع العينة على ركيزتين ثابتتين في جهاز قياس المقاومة البعد بينهما 28 سم وتطبق القوة المتزايدة في منتصف العينة باتجاه عمودي على الألياف، حتى بداية انكسارها من ثم تقرأ القوة التي تظهر على شاشة الجهاز [12]، وتحسب بعد ذلك مقاومة الخشب للانحناء من العلاقة التالية:

$$F_h(MOR) = \frac{3PL}{2bh^n}$$

حيث إن: P: القوة العظمى للانكسار مقدرة بالكغ أو نيوتن/مم^2.

L: البعد بين الركيزتين في جهاز الاختبار وتساوي 28 سم .

b: عرض العينة . h : ارتفاع العينة .

n: مؤشر الشكل والجودة حسب النظام القياسي الفرنسي NF عامل يختلف باختلاف نوعية الخشب و طريقة استخدامه وهي تعني القوة التالية: $n = \frac{11}{6}$: الخشب ممتاز كامل بدون عيوب، $n = \frac{10}{6}$: خشب جيد دون عيوب تذكر، $n = \frac{9}{6}$: خشب متوسط الجودة بعض العيوب الصغيرة، $n = \frac{8}{6}$: خشب منخفض الجودة يحتوي على بعض العيوب. واعتمدنا في تطبيقاتنا قيمة $n = \frac{10}{6}$ وحسب النظام الإنكليزي فإن $n = 2$.

ت. اختبار المرونة في الانحناء الساكن (MOE):

وهو عبارة عن قدرة القطعة الخشبية المعرضة لضغط خفيف نسبياً والمنحنية أثناء اختبار الانحناء الساكن، على العودة إلى شكلها الأساسي عند زوال هذه القوة. ولقد وجد أن العلاقة بين القوة P والانحناء F هي ثابتة وهذا متعلق بطول ومقطع العينة.

طريقة اختبار مقاومة الانحناء الساكن: تعتمد هذه الطريقة على المنحنى البياني للعلاقة بين القوة المطبقة والانحناء(السهم). وحسب النظام الفرنسي المعتمد في وحدة بحوث الأخشاب في المركز الوطني للبحوث الحراجية الفرنسية (CNRF) كما في [12]. ومن أجل تبسيط حساب معامل المرونة في الانحناء الساكن يعتمد على الخط البياني للعلاقة بين القوة (P) والانحناء أو السهم (F) في اختبار مقاومة الانحناء الساكن كما في (الشكل، 2)، ثم يجري تطبيق العلاقة نفسها المستخدمة في النظام البريطاني مع تعديل طفيف بحيث تصبح العلاقة كما في المعادلة التالية:

$$E = \frac{P \times L^3}{4\ fab^3}$$

حيث:

E: معامل المرونة للانحناء الساكن ب (كغ/سم^2).

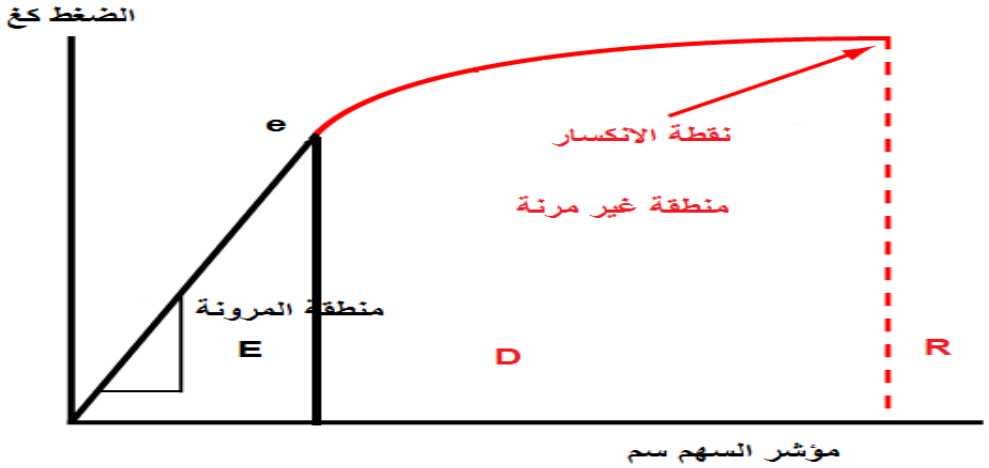
P: القوة ضمن منطقة المرونة (كغ).

f: قيمة الانحناء أو السهم المقابل للقوة P ضمن منطقة المرونة (سم).

L: المسافة بين الركيزتين وهي عادة (28 سم).

a: عرض العينة (سم).

b: سماكة العينة أو الوجه المماسي الموازي لحلقات النمو السنوية اتجاه القوة المطبقة (سم).



الشكل (2): مخطط بياني لاختبار الانحناء الساكن

(E) منطقة المرونة، (D) منطقة خارج المرونة أو اللدونة أو التشوه، (R) منطقة الانكسار، (e) نقطة المرونة.

في المرحلة الأولى من الاختبار وتسمى منطقة المرونة (E) ولهذه المنطقة حدود تسمى حدود المرونة، وهو الحد الفاصل بين منطقة المرونة والمنطقة خارج المرونة التي تنتهي بالانكسار وانهيار مقاومة الخشب [21].

4-النتائج والمناقشة

تم إجراء الاختبارات الميكانيكية على الألواح المصنعة من أوراق نخيل التمر (الخوص، الجريد، الكربة، جميع أجزاء الورقة) والنخيل المروحي (الخوص، الجريد، الكربة، جميع أجزاء الورقة) ومقارنة النتائج مع المقياس الصناعي الأوروبي [13]، حيث تم تعريف أربع درجات من ألواح MDF في EN 300 من حيث أدائها الميكانيكي ونسبة الانتباج العرضي وهي كالتالي:

- MDF / 1 – ألواح وألواح الأغراض العامة للتركيبات الداخلية (بما في ذلك الأثاث) للاستخدام في ظروف جافة.
- MDF / 2 – الألواح الحاملة للاستخدام في الظروف الجافة.
- MDF / 3 – الألواح الحاملة للاستخدام في الظروف الرطبة.
- MDF / 4 – الألواح الحاملة للخدمة الشاقة للاستخدام في الظروف الرطبة.

4-1. اختبار مقاومة ألواح MDF للضغط المحوري:

تبين النتائج المسجلة في (الجدول، 2) لمقاومة ألواح MDF للضغط المحوري عند مستوى رطوبة معينة واستناداً إلى التصنيف الأوروبي للأخشاب (الجدول، 3)، نجد أن ألواح MDF المصنعة من أجزاء السعفة لنوعي النخيل تصنف ضمن الأخشاب ضعيفة المقاومة للضغط المحوري مع وجود تفاوت بين الألواح، حيث نجد أن الألواح المصنعة من خوص نخيل التمر والنخيل المروحي كانت ضعيفة المقاومة جداً للضغط المحوري (87.3 – 44) كغ/سم^2 على التوالي، في حين كانت الألواح المصنعة من الجريد والكربة لنخيل التمر (339.9 – 263.3) كغ/سم^2 والنخيل المروحي (326.7 – 326.3) كغ/سم^2 أعلى مقاومة للضغط وقريبة جداً من قيم الأخشاب متوسطة المقاومة للضغط المحوري، أما الألواح المصنعة من الورقة الكاملة لنخيل التمر (208) كغ/سم^2 والنخيل المروحي (196.3)

كغ/سم^2 فقد صنفت ضمن الألواح ضعيفة المقاومة للضغط المحوري بناءً على التصنيف الأوروبي [14]، وقد ذكر [15] أن اللجنين متواجد بكثرة في سيقان النباتات لإعطاء القوة والصلابة لها، ومن خلال نتائج بحث [22] تم نشره في مجلة العلوم الزراعية في جامعة حلب يبين التحليل الكيميائي للجنين والسيليلوز أن نسبة اللجنين كانت عالية ضمن الجريد (23 – 30%) والكربة (29 – 30%) لنخيل التمر والنخيل المروحي على التوالي، ومنخفضة ضمن الخوص وبناءً عليه نجد أن الألواح المصنعة من الجريد والكربة لنوعي النخيل كانت أعلى مقاومة للضغط المحوري من تلك الألواح المصنعة من الخوص.

الجدول (2) تأثير الجزء النباتي المستخدم في مقاومة ألواح MDF للضغط المحوري

أجزاء السعفة	مقاومة ألواح MDF المصنعة من نخيل التمر للضغط المحوري كغ/سم^2				مقاومة ألواح MDF المصنعة من النخيل المروحي للضغط المحوري كغ/سم^2			
	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري
الخوص	87.3	104	70	12.9	44	64	32	11.3
الجريد	339.9	384	276	36.7	326.7	370	290	29.8
الكربة	263.3	336	210	43.2	326.3	370	290	29.5
الورقة كاملة	208	246	140	38.1	196.3	236	150	39.7

الجدول (3) تصنيف الألواح لمقاومة الضغط المحوري حسب المعايير والمقاييس الفرنسية [20]

مقاومة الضغط المحوري كغ/سم^2	التصنيف
250 – 350	خشب ضعيف المقاومة
350 – 450	خشب متوسط المقاومة
450 – 600	خشب شديد المقاومة

4-2. اختبار مقاومة ألواح MDF للانحناء الساكن:

اعتماداً على نتائج الانحناء التي حصلنا عليها عند مستوى رطوبة (5-6)% والواردة في (الجدول،4) وبمقارنة هذه القيم مع القيم في التصنيف الأوروبي للأخشاب (الجدول،5) الذي يبين تصنيف الخشب حسب قوة الانحناء، تبين أن الألواح المصنعة من الجريد (298.2 – 331.2) كغ/سم^2 والكربة (265.4 – 326.5) كغ/سم^2 والورقة الكاملة (257.3 – 272.4) كغ/سم^2 لنخيل التمر والنخيل المروحي على التوالي ذات قوة انحناء عالية والتي يمكنها تحمل حمولة واجهادات ثقيلة، في حين أن الألواح المصنعة من الخوص لنخيل التمر (106.4) كغ/سم^2 وخوص النخيل المروحي (64.7) كغ/سم^2 ذات قوة انحناء ضعيفة جداً ولا تتحمل أي اجهادات أو حمولة، وبالتالي يمكن استخدام هذه الألواح كحشوات للأبواب أو في استخدامات لا تحتاج إلى إجهاد. وعند مقارنة هذه النتائج مع قيم التصنيف الأوروبي وبناءً على درجة انتباج الألواح بعد 24 ساعة وسماكة الألواح المصنعة (20 مم) [14]، نجد أن الألواح من الجريد والكربة والورقة الكاملة لكل من نخيل التمر والنخيل المروحي تصنف ضمن الألواح الحاملة للاستخدام في الظروف الرطبة MDF/3، وكذلك يمكن أن تصنف ضمن الألواح الحاملة للحمولة الشاقة للاستخدام في الظروف الرطبة MDF/4.

الجدول (4) نتائج مقاومة ألواح MDF للانحناء الساكن

أجزاء السعفة	مقاومة ألواح MDF المصنعة من نخيل التمر للانحناء الساكن كغ/سم^2				مقاومة ألواح MDF المصنعة من النخيل المروحي للانحناء الساكن كغ/سم^2			
	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري
الخوص	106.4	126	92.4	14.3	64.7	98.4	42	24.4
الجريد	298.2	352	252	41.6	331.2	364	293.6	28.9
الكربة	265.4	298.8	212.4	38.8	326.5	353.2	288.8	27.1

الورقة كاملة	257.3	286.4	222.8	26.7	272.4	345.2	212.4	54.9

الجدول (5): تصنيف MDF حسب قوة الانحناء لـ MDF/1 وMDF/2 وMDF/3 وMDF/4 [20]

الخاصية	المعيار الأوروبي	الوحدة	سماكة اللوح (مم)		
			6 – 10	10 – 18	18 – 25
قوة الانحناء MDF/1	EN 310	كغ/سم^2	204	183.6	163.2
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	25	25	25
قوة الانحناء MDF/2	EN 310	كغ/سم^2	224.3	204	183.6
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	20	20	20
قوة الانحناء MDF/3	EN 310	كغ/سم^2	3224.	204	183.6
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	15	15	15
قوة الانحناء MDF/4	EN 310	كغ/سم^2	306	285.6	265.2
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	12	12	12

4-3. معامل المرونة على الانحناء لألواح MDF:

يبين (الجدول، 6) نتائج معامل المرونة عند مستوى رطوبة (5 – 6) % لألواح MDF المصنعة من نخيل التمر والنخيل المروحي، حيث بلغ المتوسط العام لعامل المرونة للألواح المصنعة من نخيل التمر 30695.6 كغ/سم^2 في حين بلغ في الألواح المصنعة من النخيل المروحي 28086.9 كغ/سم^2 وهذه النتيجة تقع ضمن مجال التصنيف الأوروبي لألواح MDF/2 لألواح الحمولة ذات الاستخدام في الظروف الجافة.

وأظهرت قيمة عامل المرونة للألواح المصنعة من كل من الجريد (35212.6 – 32784.4) كغ/سم^2 والكربة (34641.5 – 31512.7) كغ/سم^2 والورقة كاملة (32449.6 – 31269.2) كغ/سم^2 لنخيل التمر والنخيل المروحي على التوالي ارتفاعاً ملحوظاً وأعلى قيمة من التصنيف الأوروبي لألواح MDF/1 ذات الأغراض العامة للتركيبات الداخلية للاستخدام في الظروف الجافة، وكانت النتائج تقع ضمن مجال تصنيف ألواح MDF/2 ذات الحمولة المستخدمة في الظروف الجافة وألواح MDF/3 ذات الحمولة التي تستخدم في الظروف الجافة وذلك بعد مقارنتها بالتصنيف القياسي الأوروبي لألواح MDF (الجدول،7).

في حين أظهرت نتائج عامل المرونة للألواح المصنعة من خوص نخيل التمر (20478.6) كغ/سم^2 والنخيل المروحي (16781.2) كغ/سم^2 مرونة ضعيفة وأقل من قيمة التصنيف الأوروبي MDF/1، مما يمكن استخدام هذه الألواح في حشوات الأبواب والأغراض التي لا تتحمل اجهادات عالية.

الجدول (6) نتائج عامل المرونة لألواح MDF المصنعة

أجزاء السعفة	معامل المرونة على الانحناء لألواح MDF المصنعة من نخيل التمر كغ/سم^2				معامل المرونة على الانحناء لألواح MDF المصنعة من النخيل المروحي كغ/سم^2			
	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوسط	أكبر قيمة	أصغر قيمة	الانحراف المعياري
الخوص	20478.6	26677.6	16464	4446.7	16781.2	22650.8	11433.2	4594.4
الجريد	35212.6	41523	24797.6	7248.7	32784.4	36652.6	26506.2	4393.9
الكربة	34641.5	40651.8	29365	5409.7	31512.7	33708.2	27043.4	3112.4
الورقة كاملة	32449.6	39757.4	27101.2	5349.6	31269.2	36586.6	22431	6467.8

الجدول (7): تصنيف ألواح MDF حسب قيمة عامل المرونة

الخاصية	المعيار الأوربي	الوحدة	سماكة اللوح (مم)		
			6 - 10	10 - 18	18 - 25
عامل المرونة MDF/1	EN 310	كغ/سم^2	25500	25500	25500
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	25	25	25
عامل المرونة MDF/2	EN 310	كغ/سم^2	35700	35700	35700
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	20	20	20
عامل المرونة MDF/3	EN 310	كغ/سم^2	35700	35700	35700
سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	15	15	15
عامل المرونة MDF/4	EN 310	كغ/سم^2	48950	48950	48950

سماكة الانتباج بعد 24 ساعة	EN 317	%	12	12	12

5- الاستنتاجات:

يتبين من نتائج الدراسة الميكانيكية وبالمقارنة مع المواصفات الواردة في المعايير الأوروبية:

1- تصنف ألواح الـ MDF المصنعة من نخيل التمر والنخيل المروحي ضمن الأخشاب ضعيفة المقاومة للضغط المحوري مع وجود تفاوت ضمن الألواح، حيث كانت الألواح المصنعة من الجريد والكربة لنوعي النخيل أعلى مقاومة وأقرب للألواح المتوسطة المقاومة للضغط المحوري، من تلك الألواح المصنعة من الخوص.

2- بالنسبة للانحناء الساكن تصنف ألواح الـ MDF المصنعة من الجريد والكربة والورقة الكاملة لنوعي النخيل ضمن ألواح MDF/4 والتي تستخدم كحمولة ثقيلة للاستخدام في الظروف الرطبة، ويمكن أن تستخدم في ظروف الحمولة الجافة والتركيبات الداخلية MDF/3، MDF/1.

3- أما بالنسبة لعامل المرونة فقد بلغ المتوسط العام لعامل المرونة على عينات نخيل التمر 30695.6 كغ/سم^3 في حين بلغ في النخيل المروحي 28086.9 كغ/سم^3 وهذه النتيجة تقع ضمن مجال التصنيف الأوروبي لألواح MDF/2 ذات الحمولة المستخدمة في الظروف الجافة، مع وجود تفاوت في قيم عامل المرونة ضمن الألواح المصنعة من أجزاء السعفة، حيث كانت أعلاها في الألواح المصنعة من الجريد والكربة والورقة الكاملة وأقلها في الألواح المصنعة من الخوص.

المقترحات:

1. العمل على دراسة تحسين نوعية الألواح كناتج تصنيعي أولي لتطبيقات الاستفادة من مخلفات أشجار النخيل من حيث مقاومتها للتعفنات والحرائق.
2. التوسع بتطبيق مثل هذه الدراسة على بعض المخلفات الزراعية والحراجية الأخرى ممكنة وبذلك يتم التوسع من إمكانية الاستفادة من تلك المخلفات في

مجـالات التصـنيع، وخلـق أفكـار لمشـاريع إنتاجيـة صـغيرة تحقـق دخـلاً إضـافياً للسكان وتوفر فرص عمل جديدة.

المراجع الاجنبية

1. Buehlmann, U; C.T. Ragsdale; and B. Gfeller. (2000**). Spreadsheet-based Decision Support System for Wood Panel Manufacturing. Decision Support System**. 29 (3): 207-227.
2. Bower J.L. and V.E. Stokmann.2001. Agricultural Residues**: An Exciting Bio-Based Raw Material for the Global, Panel Industry**. Forest Products Journal.
3. Megahed M.M. and H.I. El-Mously. 1996. **Adiscussion on use of agricultural residues in composition panel**: Egyptian experience. Conference: Challenges to sustainable development, INES, Amsterdam, 22-25 August.
4. kakeh, M. (2010). **Novel Type Engineered Structural Beams From Pine Lumber.** Degree of doctor of philosophy in forest resources, Mississippi state university, Mississippi.
5. European standard, 2006- **Oriented Strand Board- Definitions, Classification and Spescifications**. ICS 79.060.BS EN 300:2006.
6. Al-Sulaiman, F. A. (2003). "**Date palm fiber reinforced composite as a new insulating material**," International Journal of Energy Research 27(14).
7. Latibari, A., Hosseinzadeh, A., Kargarfard, A., & Noorbakhsh, A. (1996). **Investigation on production of Particleboard from Date palm residues**. Iranian journal of wood and paper science, 1: 49-108.
8. Kandeel, S.A., A.A. Abo-Hassan and M.A. Shaheen, 1988. **Properties of composite materials from palm tree biomass proc**. Inter, Conf. Tember Eng. Vol, 2: 534-536.
9. Hegazy.S.S. 2015. **Production of high quality Particleboard from date palm mid-rib.** King Saud University.Page 49.
10. Hosseinkhani. H; Euring. M; Kharazipour. A. 2015. **Utilization of Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Pruning Residues as Raw Material for MDF Manufacturing**. Journal of Materials

Science Research; Vol. 4, No. 1; 2015.

11. Wood Handbook. Forest Product Laboratory. 1999. **Wood as engineering material**. Gen. Tech. Rep. GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Prodcut Laboratory. 463 pp.
12. Rahme. Adib., 1972 - **Contribution à L'étude des Propriétés, Physique, Mécanique, Micro densitométrique et Papeterie du bois du Pinus brutia Ten**. Thèse Docteur Ingenieur, Universite de Nancy I- France.
13. EPF**,** 2001- EUROPEAN PANEL FEDERATION, **Technical information sheet OSB (Oriented Strand Board)**. Allee H of ter vleest 5- Box 5- B- 1070 Brussels.
14. Deslands F.vandenberche L., 1959- **Les bios, Caracteristiques, usinage utilizaions Diverses.** Edition EYROLLE, Paris, 362.
15. Goering, H.D. and P.J. Soest (1975). **Forage fiber analysis. U.S. Dept. of Agriculture,** Agriculture research service, Washington .

المراجع العربية

16. إبراهيم، عاطف محمد; خليف، محمد نظيف حجاج. (1998). **نخلة التمر: زراعتها رعايتها وانتاجها في الوطن العربي.** منشأة المعارف بالإسكندرية 96 ص.

17. حسين، فتحي؛ القحطاني، محمد سعيد؛ والي، يوسف أمين (1979). **زراعة النخيل وإنتاج التمور في العالمين العربي والإسلامي**، مطبعة عين شمس، القاهرة.

18. خليفة، طاهر; جوانة، محمد زيني; السالم، محمد إبراهيم. (1983): **النخيل والتمور في المملكة العربية السعودية**، وزارة الزراعة والمياه، المملكة العربية السعودية، صفحة 345.

19. ألب، طالب يونس; إسكندراني، فيصل ابراهيم. (2003). **صناعة ألواح الخشب المضغوط من مخلفات أشجار النخيل المحلية**. قُدم إلى مؤتمر اللقاء السنوي الثاني للبحث العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية.

20. الجيار، محمد سامي ; محمد، مصطفى زكي.(2009). **تصنيع جريد النخيل كبديل للمنتجات الخشبية المستوردة**، المؤتمر الثالث لتسويق البحوث التطبيقية والخدمات الجامعية، جامعة المنصورة.

21. رحمة، أديب. (2012). **علم الأخشاب الجزء النظري والعملي**. منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، صفحة 574.

22. القدور، عبدالله; كعكة، ميساء; عبدالله، غسان; كردي، خيرالدين طرشة. (2021). **الخصائص التشريحية والكيميائية لأوراق نخيل التمر والنخيل المروحي لاستخدامها في تصنيع الألواح الليفية (MDF)**. سلسلة العلوم الزراعية، مجلة بحوث جامعة حلب. العدد 145، تاريخ 2021/2/1

23. القدور، عبدالله; كعكة، ميساء; عبدالله، غسان; كردي، خيرالدين طرشة. (2021). **تصنيع ألواح ليفية متوسطة الكثافة (MDF) من أوراق نخيل التمر والنخيل**

المروحـي ودراسـة مواصـفاتها الفيزيائيـة. مجلـة جامعـة البعـث ،مجلـد 43، تـاريخ 2021/1/28.